

## JP5236687

Publication Title:

JP5236687

Abstract:

Abstract of JP5236687

**PURPOSE:**To simplify the constitution of a rotor by widening the width of the space made in a rotor core. **CONSTITUTION:**Space 2c, which extends in radial direction from the end of a permanent magnet 2d to the vicinity of the outer end of a rotor core 2a, is made to prevent the short circuit of the magnetic flux generated by adjacent permanent magnets 2b. This space 2c is made wide so that one margin may continue to the outer margin of the end face of the permanent magnet 2b, and that the other end may continue to the specified position inner from the inner margin of the end face of the permanent magnet 2b, which prevents the section of the rotor core 2a, which forms the flow of a magnetic flux between it and an armature 1, from widening. And, the rotor 2 is divided in radial direction into a plurality of divisions, and it is in such condition that each division is rotated by a specified skew angle from adjacent division. Hereby, the skew angle per division can be enlarged, and the number of division of the rotor 2 can be lessened, so the constitution of the rotor 2 can be simplified.

Data supplied from the esp@cenet database - Worldwide

-----  
Courtesy of <http://v3.espacenet.com>

(19)日本国特許庁 (J P)

(12) 公 開 特 許 公 報 (A)

(11)特許出願公開番号

特開平5-236687

(43)公開日 平成5年(1993)9月10日

(51)Int.Cl.<sup>5</sup>

H 0 2 K 1/27

識別記号

5 0 1 A 7429-5H  
K 7429-5H

庁内整理番号

F I

技術表示箇所

審査請求 未請求 請求項の数5(全 7 頁)

(21)出願番号

特願平4-33249

(22)出願日

平成4年(1992)2月20日

(71)出願人 000002853

ダイキン工業株式会社

大阪府大阪市北区中崎西2丁目4番12号

梅田センタービル

(72)発明者 大山 和伸

滋賀県草津市岡本町字大谷1000番地の2

ダイキン工業株式会社滋賀製作所内

(72)発明者 山際 昭雄

滋賀県草津市岡本町字大谷1000番地の2

ダイキン工業株式会社滋賀製作所内

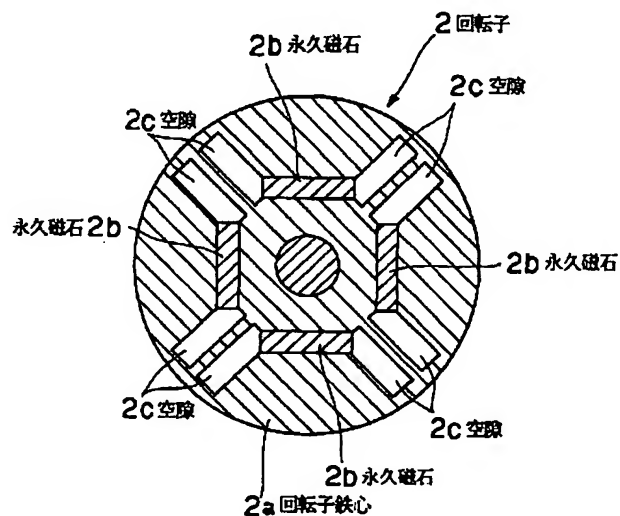
(74)代理人 弁理士 津川 友士

(54)【発明の名称】 ブラシレスDCモータ

(57)【要約】

【目的】 ブラシレスDCモータの回転子にスキューを施す場合において、構成、製造作業を簡素化する。

【構成】 ブラシレスDCモータの回転子2に形成されている磁束短絡防止用の空隙2cを、永久磁石2bの端面の内縁部よりも内方に対応させて広幅化し、スキュー角度を大きくすることにより回転子の分割数を減少させる。



## 【特許請求の範囲】

【請求項 1】 電機子鉄心に電機子巻線を巻回してなる電機子 (1) と回転子鉄心 (2 a) に永久磁石 (2 b) を埋込んでなる回転子 (2) とを含むブラシレス DC モータであって、回転子鉄心 (2 a) の所定位置に半径方向と直角な方向を向く所定厚みの永久磁石 (2 b) が設けられているとともに、各永久磁石 (2 b) の端面位置から回転子鉄心 (2 a) の外周寄り所定位置まで延びて磁束の短絡を防止する空隙 (2 c) が形成されてあるとともに、空隙 (2 c) の幅が永久磁石 (2 b) の厚みより大きく設定されており、さらに、回転子鉄心が軸方向に複数の部分に分割されているとともに、空隙 (2 c) が全長範囲にわたって少なくとも一部がオーバーラップするように隣合う分割部 (2 1) を相対的に回転された状態で位置決めしてあることを特徴とするブラシレス DC モータ。

【請求項 2】 空隙 (2 c) の一方の端縁が永久磁石 (2 b) の端面の外端縁に連続しているとともに、他方の端縁が永久磁石 (2 b) の端面の内端縁よりも内方の所定位置に連続している請求項 1 に記載のブラシレス DC モータ。

【請求項 3】 空隙 (2 c) の一方の端縁が隣合う 1 対の永久磁石 (2 b) の一方の対応する端面の外端縁に連続しているとともに、他方の端縁が他方の永久磁石 (2 b) の対応する端面の外端縁に連続している請求項 1 に記載のブラシレス DC モータ。

【請求項 4】 空隙 (2 c) が回転子鉄心 (2 a) の半径方向に直線的に延びる形状である請求項 1 から請求項 3 の何れかに記載のブラシレス DC モータ。

【請求項 5】 空隙 (2 c) の幅が回転子鉄心 (2 a) の半径方向に漸拡している請求項 4 に記載のブラシレス DC モータ。

## 【発明の詳細な説明】

## 【0001】

【産業上の利用分野】 この発明は電機子鉄心に電機子巻線を巻回してなる電機子と回転子鉄心に永久磁石を埋込んでなる回転子とを含むブラシレス DC モータに関する。

## 【0002】

【従来の技術】 従来から圧縮機等の駆動源として、電気的制御が容易であること等の利点に着目してモータが採用されている。また、モータには種々の種類のものがあるが、現状では、三相交流電源を用いて回転磁界を簡単に得ることができ、整流子を不要にできること、および堅牢、低価格、取扱いの簡便さ等の利点に着目して三相誘導電動機が最も一般的に用いられている。しかし、誘導電動機は、電機子鉄心に電機子巻線を巻回しているだけでなく、回転子鉄心にも回転子巻線を巻回しており、運転時には回転子巻線にも電流が流れるので、機械損が存在しないと仮定した場合であっても、回転子巻線に電

流が流れることに起因する二次銅損分だけ出力が入力よりも減少し、余り効率を高めることができない。

【0003】 この点に着目して、回転子鉄心に回転子巻線を巻回する代わりに、回転子鉄心に永久磁石を装着して二次銅損を 0 にし、高い運転効率を達成できるブラシレス DC モータが提案されている。このブラシレス DC モータは、回転子鉄心の外周に少なくとも 1 対の永久磁石を設けた構成のもの（以下、表面磁石構造と称する）、および回転子鉄心の内部に少なくとも 1 対の永久磁石を埋込んだ構成のもの（以下、埋込磁石構造と称する）に大別される。

【0004】 そして、表面磁石構造のものは回転子鉄心の表面に単に永久磁石を装着しているだけであるから、回転子を高速回転させると永久磁石が剥離する可能性が高く、余り高速回転させることができない。これに対して埋込磁石構造のものは回転子鉄心の内部に永久磁石を埋込んでいるので永久磁石の剥離を阻止でき、表面磁石構造のものよりも高速回転に対処できる。また、永久磁石を埋込むことによりインダクタンスを大きくでき、インダクタンスに起因するトルク成分を大きくできるのであるから、高トルク負荷の駆動に適している。したがって、高速回転を行なわせる必要があるとともに高トルク負荷の駆動を行なわせる必要がある用途には埋込磁石構造のブラシレス DC モータを採用することになる。

【0005】 また、上記何れの構造のものにおいても、電機子のスロットの影響を受けてスロットリプルが発生するので（図 13 参照）、スロットリプルを低減するために電機子鉄心をスキューさせる方法が知られているが、電機子鉄心スロットののが斜めになり、自動巻線作業が困難になる等の不都合があるので、回転子鉄心をスキューさせる方法が提案されている（特開昭 63-140645 号公報参照）。

【0006】 図 11 (A) (B) は回転子鉄心をスキューさせる方法を説明する概略図であり、半径方向を向くように 3 対の永久磁石 82 が回転子鉄心 81 に埋込まれているとともに、回転子鉄心 81 を軸方向に複数個に分割し、各分割部分 81 a が順次所定角度ずつ回転させた状態で回転軸に圧入され、一体化されている。尚、83 は永久磁石 82 の延長線上に位置する、磁束の短絡を防止するための空隙である。

## 【0007】

【発明が解決しようとする課題】 上記回転子鉄心のスキュー構造を採用する場合には、隣合う分割部分 81 a の空隙 83 同士が全長範囲において少なくとも一部がオーバーラップしなくなれば回転子鉄心同士が部分的に接触するので、接触部を通して磁束の短絡が発生してしまう（図 12 参照）。したがって、隣合う分割部分 81 a の空隙 83 同士が全長範囲において少なくとも一部がオーバーラップするように回転角度を設定しなければならない（図 11 (B) 参照）。この結果、1 つの分割部分 8

1 a 当りのスキュー角度を余り大きく設定できないことになるので、電氣的に360°だけスキューさせるのに必要な分割部分81aの数が著しく多くなり、回転子の構成が複雑化し、製造が困難になるとともにコストアップを招いてしまうという不都合がある。具体的には、スロット数をSとすれば、分割部分81aの数nは次式を満足しなければならない。

$$(360/S) \times k = \alpha n$$

但し、kは1スロットの角度に対するスキュー角の割合を示す定数、αは1つの分割部分当りのスキュー角度である。

【0008】このような不都合を解消し、1つの分割部分当りのスキュー角度を大きくするために永久磁石82の厚みを厚くすることが考えられるが、永久磁石82が大きくなることに伴うコストアップを招くのみならず、トルク低下等の性能低下を招いてしまうという新たな不都合を生じてしまうことになる。尚、以上には永久磁石82を半径方向に埋込んでなる回転子を例にとって説明したが、永久磁石を半径方向と直角な方向に埋込んでなる回転子であれば、空隙の幅が一層狭くなるので、上記不都合が一層顕著になってしまう。

【0009】

【発明の目的】この発明は上記の問題点を鑑みてなされたものであり、1つの分割部分当りのスキュー角度を大きくでき、回転子の構成を簡素化できるとともに製造作業を簡素化できる埋込磁石構造のブラシレスDCモータを提供することを目的としている。

【0010】

【課題を解決するための手段】上記の目的を達成するための、請求項1のブラシレスDCモータは、回転子鉄心の所定位置に半径方向と直角な方向を向く所定厚みの永久磁石が設けられているとともに、各永久磁石の端面位置から回転子鉄心の外周寄り所定位置まで延びて磁束の短絡を防止する空隙が形成されてあるとともに、空隙の幅が永久磁石の厚みよりも大きく設定されており、さらに、回転子鉄心が軸方向に複数の部分に分割されているとともに、空隙が全長範囲にわたって少なくとも一部がオーバーラップするように隣合う分割部を相対的に回転された状態で位置決めしてあるものである。

【0011】請求項2のブラシレスDCモータは、空隙の一方の端縁が永久磁石の端面の外端縁に連続しているとともに、他方の端縁が永久磁石の端面の内端縁よりも内方の所定位置に連続している。請求項3のブラシレスDCモータは、空隙の一方の端縁が隣合う1対の永久磁石の一方の対応する端面の外端縁に連続しているとともに、他方の端縁が他方の永久磁石の対応する端面の外端縁に連続している。

【0012】請求項4のブラシレスDCモータは、空隙が回転子鉄心の半径方向に直線的に延びる形状である。請求項5のブラシレスDCモータは、空隙の幅が回転子

鉄心の半径方向に漸拡している。

【0013】

【作用】請求項1のブラシレスDCモータであれば、回転子鉄心の所定位置に形成された磁束の短絡を防止する空隙の幅を広くしているため、磁束の短絡を生じさせない限界スキュー角度を大きくでき、この結果、回転子鉄心の分割数を少なくできるので、回転子の構成を簡素化できるとともに、製造を容易化できる。また、空隙の幅を広くしていても、永久磁石の厚みを増加させていないのであるから、コストアップ、性能低下等の不都合を確実に防止できる。

【0014】請求項2のブラシレスDCモータであれば、空隙の幅を広くするに当って、電機子との間で磁束の流れを達成する回転子鉄心部分の表面積を減少させていないのであるから、ブラシレスDCモータとしての性能の劣化を確実に防止できる。請求項3のブラシレスDCモータであれば、各永久磁石の端面に対応させて空隙を形成する場合と比較して空隙の幅を大幅に広くでき、限界スキュー角度を著しく大きくできるので、回転子鉄心の分割数を大幅に少なくでき、著しい構成の簡素化を達成できる。

【0015】請求項4のブラシレスDCモータであれば、回転子鉄心における磁束の流れが空隙により乱されるという不都合を防止してブラシレスDCモータとして良好な性能を発揮させることができる。請求項5のブラシレスDCモータであれば、空隙の幅を外周側に向かって漸拡させているのであるから、1分割部分当りのスキュー角度を大きくできる。

【0016】

【実施例】以下、実施例を示す添付図面によって詳細に説明する。図5はこの発明のブラシレスDCモータの一実施例を示す縦断面図、図2は回転子の構成を示す斜視図、図1は回転子の構成を示す縦断面図である。ブラシレスDCモータは図5に示すように、ほぼ円筒状の電機子鉄心の内面に形成した複数のスロットに電機子巻線を巻回してなる電機子1と、電機子1の内径よりもやや小さい外径の回転子鉄心2aの内部に少なくとも1対（図示した実施例においては2対）の永久磁石2bを埋設してなる回転子2とを有している。

【0017】図1、図2に示す回転子2は、回転子2の半径方向と直角な方向に永久磁石2bを埋設してあり、隣合う永久磁石2bにより発生される磁束の短絡を防止するために、永久磁石2bの端部から回転子鉄心2a外端近傍まで半径方向に延びる磁束短絡防止用の空隙2cを形成してある。そして、回転子2が軸方向に複数個の分割部分21に分割されているとともに、各分割部分21が隣合う分割部分21に対して所定のスキュー角度だけ回転された状態になっている。尚、空隙2cの内部に非磁性体からなる接着性の充填材を充填してあり、空隙2cの外方に残存する部分が磁束短絡部2eである。ま

た、回転子鉄心2aはケイ素鋼板等を積層して構成されるのであるから、必要に応じて図示しないピン、ボルト等を貫通させて全体を強固に一体化する。さらに、ピン、ボルト等に代えて、またはピン、ボルト等に加えて、回転子鉄心2aの外径とほぼ等しい内径の非磁性体からなる管体（たとえばSUS管）を用い、管体に回転子鉄心2aを挿通してもよい。

【0018】尚、接着性の充填材としては、エポキシ系接着剤、アクリル系接着剤に代表される接着剤のみを用いることが可能であるほか、この接着剤に対して、接着強度を低下させることなく固化させることができる固形物を混入してなるものを用いることが可能である。そして、上記空隙2cが比較的狭幅の場合には接着剤のみを用いることが好ましく、空隙2cが比較的広幅の場合には接着剤に固形物を混入してなるものを用いて固化所要時間の大幅に増加を防止することが好ましい。また、上記永久磁石2bとしてはフェライト磁石を用いることが可能であるが、希土類磁石を用いることが好ましい。

【0019】一般的に、

r1：回転子の半径

t1：磁束短絡部の厚み

$\alpha$ ：1つの分割部分当りのスキュー角度

Lm：永久磁石の厚み

Lg：空隙の幅

とすれば、従来のブラシレスDCモータにおいては

$$Lg = Lm / 2^{1/2}$$

である。一方、空隙をオーバーラップさせる条件は、

$$(r1 - t1) \tan \alpha < Lg$$

$$\alpha < \tan^{-1} \{Lg / (r1 - t1)\}$$

となる。ここで、スキュー角度 $\alpha$ を大きくするためには、

(1) 空隙の幅Lgを大きくする。

【0020】(2) 回転子の半径r1を小さくする。

(3) 磁束短絡部の厚みt1を大きくする。

等の方法が考えられるが、(2)(3)の方法はブラシレスDCモータの性能の低下を招いてしまう。したがって、この発明においては(1)の方法を採用している。さらに詳細に説明すると、図3にも示すように、上記空隙2cは、一方の端縁が永久磁石2bの端面の外端縁に連続しているとともに、他方の端縁が永久磁石2bの端面、内端縁よりも内方の所定位置に連続するように従来のブラシレスDCモータと比較して幅広に形成され、電機子1との間で磁束の流れを形成する回転子鉄心部分が狭幅になることを防止している。そして、回転子2の軸に対する各分割部分21の相対位置は、図4に示すように、何れかの分割部分21の空隙2cの全長範囲が隣合う分割部分21の空隙2cの全長範囲に対して量の多少を問わず必ずオーバーラップするように設定されている。具体的には、永久磁石2bの厚みをLm、対向する1対の空隙2cの外端間の距離をLga、対向する1対

の空隙2cの内端間の距離をLgbとすれば、 $2Lm / 2^{1/2} < (Lga - Lgb)$ となり、ブラシレスDCモータの特性を損なうことなく空隙2cの幅を広くできる。好ましくは、空隙2cの最も外端部同士が僅かにオーバーラップするように（上式を満足する上限値となるように）相対位置を設定することが好ましく、1つの分割部分21のスキュー角度 $\alpha$ を最大にできる。

【0021】上記の構成のブラシレスDCモータであれば、従来のブラシレスDCモータと比較してスキュー角度 $\alpha$ を大きく設定できるのであるから、回転子2の分割数を少なくでき、構成の簡素化および製造の容易化を達成できる。そして、空隙2cの幅を大きく設定しているが、電機子1との間で磁束の流れが形成される部分の大きさは従来のブラシレスDCモータの場合と同じであるから性能の劣化を防止できる。また、従来のブラシレスDCモータと同じ分割数に設定した場合には、隣合う分割部分21の空隙2c同士のオーバーラップ範囲を大きくできるのであるから、ブラシレスDCモータの高性能化を達成できる。

【0022】図6は回転子2を5分割してスキュー角度 $\alpha$ を3.75°に設定した場合の各分割部分21の状態を示す図であり、回転子2を5つの分割部分21に分割してそれぞれスキュー角度を設定するだけで、全体として15°のスキューを達成できている。図7は、以上のようにしてスキューをかけた回転子2を組込んだブラシレスDCモータにおける、回転子の位置に対応するギャップ磁束密度の変化を示す図であり、スロットリップルが大幅に低減されていることが分る。また、電磁騒音も大幅に低減できる。

【0023】

【実施例2】図8はこの発明のブラシレスDCモータの他の実施例に組込まれる回転子の構成を示す概略図であり、上記実施例と異なる点は、所定距離を隔てて各永久磁石毎に形成されていた空隙に代えて、両者を一体化した形状の空隙2cを形成した点のみである。

【0024】したがって、この実施例の場合には、 $2Lm / 2^{1/2} < Lg$ （但し、Lgはこの実施例における空隙2cの幅）を満足するように空隙2cの幅を広くできる。即ち、実施例1の場合と比較してスキュー角度 $\alpha$ を一層大きくでき、回転子2の分割数を一層少なくできる。

【0025】

【実施例3】図9はこの発明のブラシレスDCモータのさらに他の実施例に組み込まれる回転子の構成を示す概略図であり、図1の実施例と異なる点は、空隙2cの幅を半径方向に漸拡させ、空隙2cの両端縁を回転子鉄心2aの遠心方向とほぼ一致させた点のみである。

【0026】したがって、この実施例の場合には、図1の実施例において各分割部分21毎にスキューを施した場合に最初にオーバーラップが解消される空隙部分（空

隙の最も外方端縁部)を幅広に形成していることに起因して1分割部分当りのスキュー角度を大きくでき(図9中破線参照)、ひいては回転子2の分割数を減少させることができる。

【0027】

【実施例4】図10はこの発明のブラシレスDCモータのさらに他の実施例に組み込まれる回転子の構成を示す概略図であり、図8の実施例と異なる点は、空隙2cの幅を半径方向に漸拡させ、空隙2cの両端縁を回転子鉄心2aの遠心方向とほぼ一致させた点のみである。

【0028】したがって、この実施例の場合には、図8の実施例において各分割部分21毎にスキューを施した場合に最初にオーバーラップが解消される空隙部分(空隙の最も外方端縁部)を幅広に形成していることに起因して1分割部分当りのスキュー角度を大きくでき(図10中破線参照)、ひいては回転子2の分割数を減少させることができる。

【0029】

【発明の効果】以上のように請求項1の発明は、1分割当りのスキュー角度を大きくでき、回転子の分割数を少なくできるので、回転子の構成を簡素化できるとともに製造作業を簡素化できるという特有の効果を奏する。請求項2の発明は、請求項1の効果に加え、電機子との間で磁束の流れが形成される範囲の減少を防止できるので、ブラシレスDCモータの特性劣化を確実に防止できるという特有の効果を奏する。

【0030】請求項3の発明は、スキュー角度を大きくでき、回転子の分割数を少なくできるので、回転子の構成を簡素化できるとともに製造作業を簡素化でき、しかも、電機子との間で磁束の流れが形成される範囲の減少を防止できるので、ブラシレスDCモータの特性劣化を確実に防止できるという特有の効果を奏する。請求項4の発明は、空隙により磁束の流れが乱されることを防止できるので、ブラシレスDCモータの特性劣化を確実に\*

\*防止できるという特有の効果を奏する。

【0031】請求項5の発明は、空隙の幅を半径方向に漸拡させているので、1分割部分当りのスキュー角度を一層大きくできるという特有の効果を奏する。

【図面の簡単な説明】

【図1】この発明のブラシレスDCモータの一実施例における回転子の構成を示す縦断面図である。

【図2】この発明のブラシレスDCモータの一実施例における回転子を示す斜視図である。

10 【図3】回転子の要部を示す拡大図である。

【図4】隣合う分割部分間のスキュー角度を説明する概略図である。

【図5】この発明のブラシレスDCモータの一実施例を概略的に示す縦断面図である。

【図6】回転子を5分割して1分割当りのスキュー角度を3.75°に設定した場合の各分割部分の状態を示す図である。

【図7】回転子の回転位置に対応するスロットリップルを示す図である。

20 【図8】この発明のブラシレスDCモータの他の実施例における回転子の構成を示す縦断面図である。

【図9】この発明のブラシレスDCモータのさらに他の実施例における回転子の構成を示す縦断面図である。

【図10】この発明のブラシレスDCモータのさらに他の実施例における回転子の構成を示す縦断面図である。

【図11】回転子のスキュー方法を説明する図である。

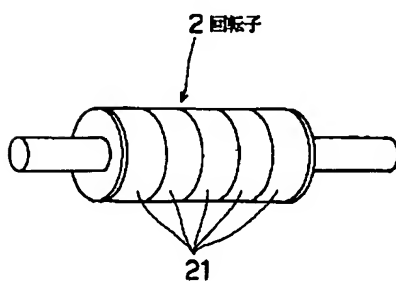
【図12】スキュー角度が大きすぎる場合の不都合を説明する図である。

【図13】回転子、電機子の何れにもスキューを施さない場合のスロットリップルを説明する図である。

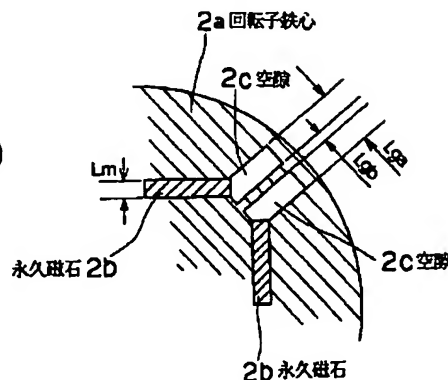
【符号の説明】

1 電機子      2 回転子      2a 回転子鉄心      2  
b 永久磁石  
2c 空隙      21 分割部分

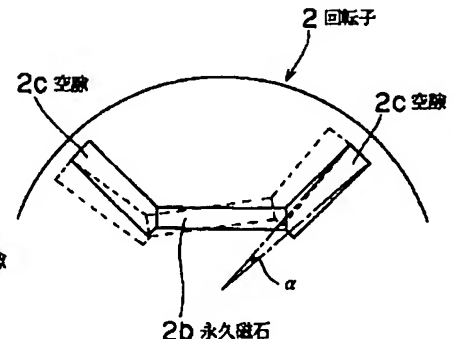
【図2】



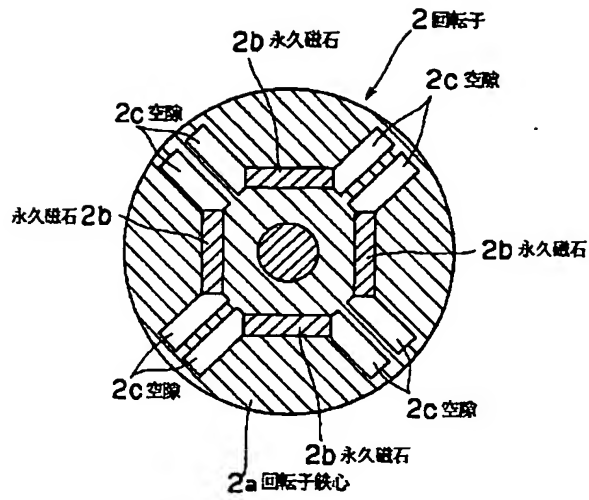
【図3】



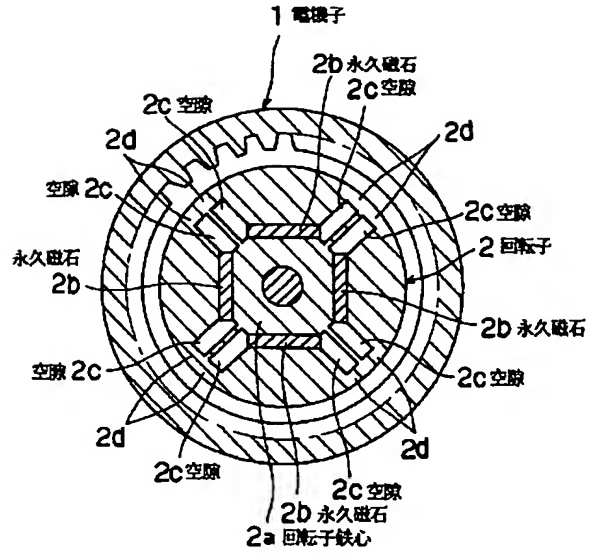
【図4】



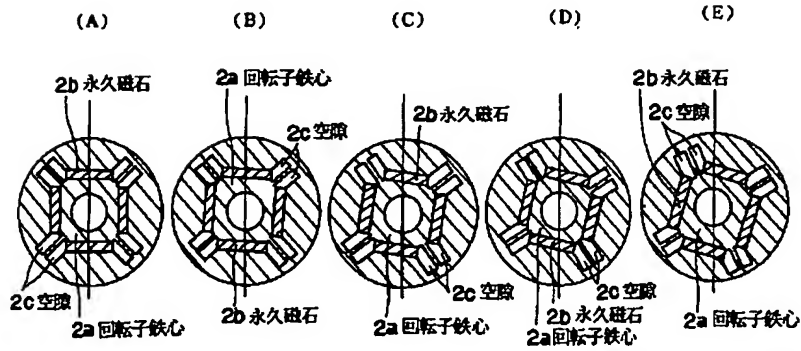
【図1】



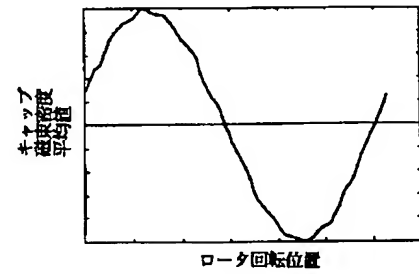
【図5】



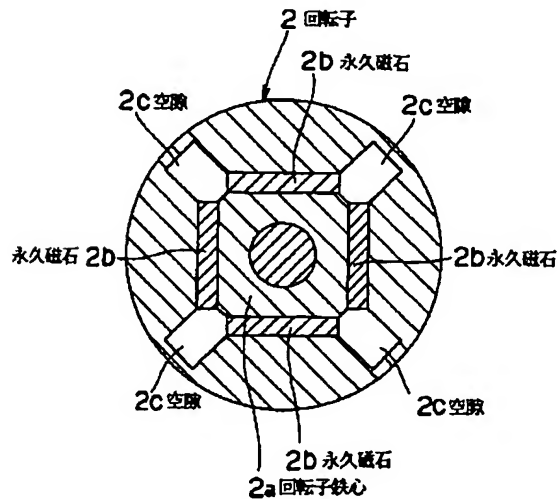
【図6】



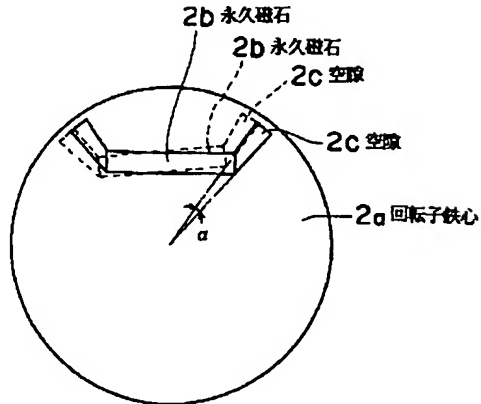
【図7】



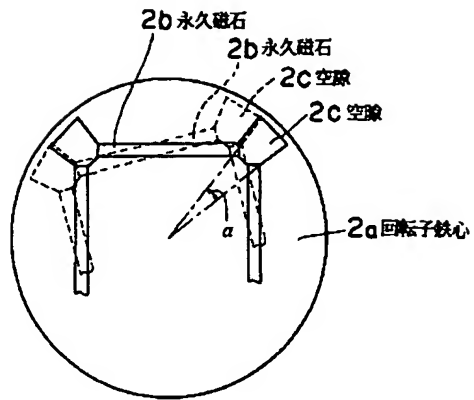
【図8】



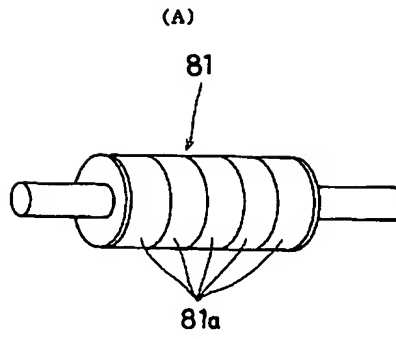
【図9】



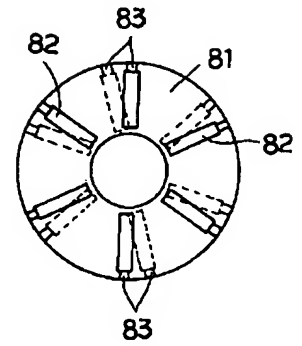
【図10】



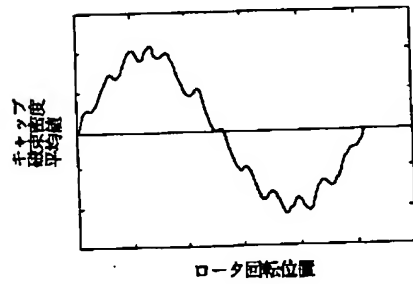
【図11】



【図12】



【図13】



(B)

